臺灣主要蔬菜產區土壤微量要素供應狀況之研究[1]

I 硼

李子純　　林家棻[2]

摘　要： 採取本省主要蔬菜產區土壤共61種，經土壤一般性質及含硼量測定後，選取性質及含硼量差距較大之土壤共30種，在網室盆栽蔬菜，分施硼與不施硼兩處理，以花椰菜及萵苣為指示作物，觀察硼對蔬菜生長及產量之影響。由本試驗結果知本省蔬菜產區土壤含硼量一般均低，其熱水溶性硼含量在 0.5ppm以下者約佔 80%。但蔬菜在種植過程中並未發生缺硼徵象，施硼與否對產量亦無顯著影響，雖植物體中硼含量確因施硼而增加，其Ca/B 比亦因而減低。土壤中硼含量與其他土壤性質之關係因土壤 PH值不同而異：當PH在6.5以下時，其含硼量與土壤 PH 值，有機物含量及土壤質地關係最為密切；當土壤 PH在6.6以上時，則受土壤 PH，有效性磷、鉀含量影響最大。

緒　言

微量要素對生物之重要性，約在七十年前始為人類所注意[17]。自1945年始，世人對微量要素之關切，更為普遍，其原因為：1.在某些情況下，作物對微量要素之吸收，使土壤中含量減低至不足以供作物正常生長所需之濃度。2.由於品種改良及肥料用量增加，作物增產之結果，微量要素被作物吸收量增加。3.由於肥料純度增進，過去用以製造肥料之不純鹽類（內含少量微量要素）被淘汰，以及4.人類對植物營養知識進步，以前所未被注意的微量要素缺乏徵狀現在亦極易被發現[4]。

硼對高等植物的重要性係自 Sommer首先發現[14]，Sommer與 Lipman[15] 及其後的研究者所作試驗工作證實後，始為人們接受。在過去所作微量要素與植物生長關係的研究中，硼的研究所佔份量最重[5]。

蔬菜類的需硼量雖為植物中最低者，但在蔬菜作物中，缺硼較缺乏其他微量元素更常見[16]。缺硼的指示作物，以根菜類作物如甜菜、蘿蔔等最好，花椰菜、芹菜、萵苣等亦屬極佳的指示作物[5]。

許多植物缺硼，或硼毒害的徵象，文獻上已有詳盡描述[16,17]。如花椰菜缺硼時其花呈褐色，花莖中有水漬中空的現象，花周圍的小葉變形，發育受阻。萵苣缺硼的第一徵象為幼嫩葉片變形，發育受阻，其後葉尖捲曲，葉片出現黑點，此黑點漸形增加並擴大，最後葉尖呈焦枯狀。缺硼對老葉的影響不明顯[16,17]。

此外，植物體中鈣及鉀與硼的比例亦極為重要[11,12,13,17]。鉀的濃度愈高，愈易發生缺硼或硼的毒害現象。鈣則在硼的濃度低時，與鉀同樣能增加缺硼的徵象，而當硼濃度高時，則與鉀相反，能減輕硼的毒害現象。

本研究承國家科學委員會及農復會之補助，謹誌謝忱。

1　試驗報告農試字第七一四號。

2　臺灣省農業試驗所技士、技正。

研 究 方 法

本試驗擬分數年進行，第一年探討土壤中硼的供應情形，以後再繼續探討其他微量要素的供應情形。

一、土壤　由全省主要蔬菜產區採取土壤共61種，經土壤性質分析後，選取性質及含硼差距不同之土壤共30種，在網室內盆栽蔬菜。

二、土壤一般化學性質測定：

1.PH　用玻璃電極法（土壤：水＝1：1）。

2.質地　用鮑氏比重計法（Bouyoucous' hydrometer method）。

3.有機物　用霍克來與白克來氏修正法（Modified walkeley—Black method）。

4.全氮　用克氏法（Kjeldahl's method）。

5.有效性磷及鉀　用 Bray's P_1及 Mehlich's method。

6.陽離子交換總量（CEC）　用中性醋酸銨法。

7.有效性鐵　用$Na_2S_2O_4$—EDTA法。

8.有效性錳　用Sherman et al氏法，以1N NH_4OAC內含0.2% hydroquinone抽出，再以原子吸光儀測定。

三、土壤中硼之測定　用Curcumin—Oxalic acid法，20克土置於250ml三角瓶中，加蒸餾水 40ml及0.5ml10%$Bacl_2$溶液，三角瓶上連冷凝器，置於電熱盤上加熱至沸騰後五分鐘，冷却、離心，取上澄液1ml加4ml Curcumin—Oxalic acid液，置於水浴中，以55°±3°C蒸發至乾後，再繼續加熱15分鐘，取出，待冷，加95%酒精25ml，以540mu波長比色測定之。

四、盆栽　選取代表性土壤 30種，每土壤設兩處理，即施硼砂（Borax）10公斤／公頃及無硼，其他三要素施用量均相同，共重複2次，計 120 盆，依隨機區集法分兩行排列於網室內，先後以花椰菜及萵苣爲指示作物，植於塑膠盆內，灌溉用水均用去礦水（Demineralized water）。

每盆用土 5 公斤，硼砂施用量爲每盆20毫克，於第一作花椰菜移植前一日施入。肥料用量爲兩作（花椰菜及萵苣）各施硫銨 3.5克，過磷酸鈣0.7克，氯化鉀 1.3克，其中硫銨分基肥一次及追肥五次施入，過磷酸鈣分基肥及追肥各一次施入，氯化鉀分基肥一次及追肥四次施入。

育苗　花椰菜及萵苣均係先播種於小型塑膠育苗盆內（9×9公分），以碰石爲培養基，育苗盆置於淺型塑膠盆中，內盛培養液（無微量要素），播種約40日後再移植於土壤中。

五、產量記錄及植物分析　移植後，觀察其生長情形，約兩月後，即行收穫，分別記錄其莖葉收量，葉片經自來水及去礦水洗淨後，以60°C烘乾、磨碎，作植物分析。

結 果 與 討 論

一、土壤一般性質

試驗用土壤共30種，其一般性質測定結果列於表1.土壤反應自 pH3.9 至8.1，即包括强酸性至弱碱性土壤；有機物含量在1.0%至3.5%之間；CEC以23號土最低（5.6me/100g soil），以30號土最高（12.5me/100g soil）。

二、土壤硼含量及其與其他土壤性質之關係

各土壤硼含量（熱水溶性）在0.2至1.8ppm之間（表1），其中含量在 0.5ppm以下者共24個，即佔全部土壤的80%，而在1ppm以上者僅2號及28號二土壤。

Deturk 及 Olsen[7], Bear[1] 等氏認爲熱水溶性硼(土壤：水＝1：2，即本試驗中所用抽取法)

對一般作物而言，0.5ppm 爲其臨界濃度，即低於 0.5ppm 屬於缺硼土壤，而 Truog [18] 氏認爲一般作物需硼量不致超過0.5ppm, Dawson氏 [6] 等發現在0.35ppm 以上，紫苜蓿即無缺硼現象。Walsh 及 Golden [19] 等則認爲作物對硼的需要量因土壤反應而異，酸性土壤應在 0.4ppm以上，礆性土壤在 0.75ppm以上。事實上硼的臨界點因作物不同，又受土壤性質及氣候等因子的影響，實不能一概而論 [12]。但由本試驗所用土壤分析結果，絕大部分含硼均在0.5ppm 以下， 可斷言臺灣蔬菜產區土壤硼含量多屬於偏低者。

表1. 供 試 土 壤 性 質

Table 1. Some physical and chemical properties of the experimental soil

試驗代號	採樣地點	PH	HWS B ppm	O. M. %	CEC me/100	Free Fe %	Avai. Mn ppm	N %	P_2O_5 ppm	K_2O ppm	%			Texture
											Sand	Silt	Clay	
1	臺北縣蘆洲鄉	5.40	0.45	1.60	10.8	1.68	417	0.102	80	42	17	54	29	SiCL
2	同上	5.65	1.06	3.20	11.3	1.70	303	0.102	100	54	15	64	21	SiL
3	臺北縣福安里	5.40	0.36	1.23	7.2	1.25	140	0.056	88	30	59	34	7	SL
4	臺北縣板橋市	4.70	0.32	2.45	6.8	1.25	127	0.094	152	75	45	48	7	SL
5	臺北縣江子翠	5.00	0.46	2.66	10.8	1.65	307	0.084	245	64	23	60	17	SiL
6	新竹縣竹北鄉	5.30	0.30	1.73	8.7	1.00	100	0.083	194	44	49	42	9	L
7	同上	5.35	0.25	2.48	10.8	1.20	133	0.122	125	46	41	42	17	L
8	〃	4.55	0.28	1.57	9.4	1.10	47	0.097	112	94	41	43	16	L
9	同上	4.85	0.29	1.67	9.5	1.00	19	0.096	242	27	35	46	19	L
10	〃	5.50	0.25	1.76	9.0	0.90	19	0.084	259	26	45	44	11	L
11	彰化縣永靖鄉	7.60	0.30	2.66	8.1	1.10	180	0.176	23	17	19	50	31	SiCL
12	彰化縣埤頭鄉	7.60	0.30	3.02	10.8	1.20	107	0.195	19	37	11	54	35	SiCL
13	同上	7.50	0.40	2.45	9.4	1.25	83	0.154	7	26	15	56	29	SiCL
14	彰化縣溪湖鄉	7.50	0.77	3.08	8.0	0.90	30	0.177	299	25	63	26	11	SL
15	彰化縣北斗鎮	7.05	0.20	2.36	12.1	1.25	237	0.149	121	21	15	56	29	SiCL
16	同上	7.50	0.42	2.15	5.9	0.63	29	0.130	113	11	75	18	7	SL
17	雲林縣西螺鎮	6.70	0.35	2.67	6.2	1.13	160	0.066	190	29	43	50	7	SiL
18	同上	5.45	0.38	1.40	6.3	1.15	120	0.112	228	19	49	40	11	L
19	同上	7.10	0.27	1.66	6.8	1.20	180	0.109	166	16	35	52	13	SiL
20	同上	3.90	0.34	2.29	8.2	1.03	48	0.146	311	121	41	50	9	L
21	屏東市三山里	7.30	0.47	1.93	7.0	1.15	220	0.134	222	44	21	52	27	SiL
22	屏東市泰和里	6.40	0.33	1.66	6.2	1.00	133	0.123	292	30	39	46	15	L
23	高雄縣仁武鄉	5.05	0.30	1.28	5.6	0.60	33	0.077	299	22	47	50	3	SiL
24	同上	6.65	0.28	1.73	7.5	1.00	17	0.098	183	49	43	46	11	L
25	屏東縣九如鄉	5.75	0.70	3.46	9.6	0.75	30	0.100	311	111	25	52	23	SiL
26	臺南市安南區	7.50	0.28	1.50	7.9	1.25	120	0.103	142	62	71	11	18	SL

27	臺南縣學甲鎮	6.05	0.72	1.48	8.9	0.95	113	0.099	234	135	23	65	12	SiL
28	臺南縣鹽水鎮	8.10	1.79	1.03	6.8	0.60	153	0.106	202	149	39	53	8	SiL
29	嘉義縣六甲鄉	8.00	0.50	1.24	10.4	1.55	200	0.077	55	27	17	59	24	SiL
30	臺南縣善化鎮	7.00	0.46	1.91	12.5	1.45	280	0.107	62	82	9	63	28	SiCL

一般研究者認為土壤中有效硼含量受許多因子如土壤反應，有機物含量及抽取方法等之影響 [1,4,8,11a,20]。本試驗中所用 30 種土壤，經統計分析結果，知其與土壤中其他化學成分含量間的關係如表2.。

表2. 土壤中硼含量與其他化學成分含量間的相關（一）

Table 2. Correlations between soil boron content and the other soil properties(1)

項　目	PH	O. M.	CEC	Fe	Mn	N	P	K	Sand %	Clay %	Silt %
相關係數	0.278	0.002	– 0.014	– 0.164	0.162	– 0.019	0.118	0.558**	– 0.101	– 0.101	0.218

** 1 %顯著平準

由表2.知土壤中熱水溶性硼含量僅與土壤中有效性鉀含量成極顯著正相關關係，與其他成分含量間均無顯著相關關係。

如將此30種土壤依 pH6.5為界限，分為兩組，即 pH大於6.6（含土壤14個）及小於 6.5者（含土壤16個），則其中硼含量與其他成分間的單相關關係，如表3.。

表3. 土壤中硼含量與其他成分含量間的相關（二）

Table 3. Correlations between soil boron content and the other soil properties(2)

項目 / PH範圍	PH	O. M.	CEC	Fe	Mn	P	K	Sand %	Clay %	Silt %
< 6.5	0.392	0.553*	0.418	0.351	0.413	– 0.120	0.373	– 0.725**	0.421	0.746**
> 6.6	0.566*	– 0.387	– 0.239	– 0.567*	– 0.040	0.345	0.792**	0.135	– 0.383	0.053

* 5 %顯著平準

** 1 %顯著平準

依表3.當土壤 pH在6.5以下時，土壤中硼含量與有機物及坋粒含量成顯著正相關關係，與土壤中砂粒含量成極顯著負相關關係。按酸性土壤多產生於高雨量區域 [1,2]，在高雨量情況下，土壤中所含的硼易於流失。故粗質地土壤，含有機物低者，其含硼量必低 [5,12]。

鹼性土壤中，常有硼的毒害，鹽分過多及缺鐵問題發生 [12]。表3.亦顯示本試驗中 pH6.6 以上的土壤中硼的含量與土壤 pH 及鉀的含量成顯著正相關；與鐵的含量成顯著負相關關係。

土壤中硼含量與其他土壤成分含量間的複相關迴歸方程及相關係數為：

a. 當土壤 pH <6.50時

$$HWS\ B = -1.0572 + 0.112 \times pH + 0.1003 \times O.M. + 0.0142 \times Silt \pm 0.1344$$

$$r = 0.84^{**}$$

b. 當土壤pH＞6.60時：

$$HWS\ B = -3.2598 + 0.4430 \times pH + 0.0016 \times P_2O_5 + 0.0065 \times K_2O \pm 0.1715$$

$$r = 0.93^{**}$$

表4. 花椰菜產量

Table 4. Yield of Califlower (g/pot)

部分	全株重					花重				
重複	I		II		Total	I		II		Total
處理 / 土號	B_0	B_1	B_0	B_1		B_0	B_1	B_0	B_1	
1	68	93	72	82	315	20	33	25	30	108
2	64	84	157	174	479	17	29	50	57	153
3	50	43	60	65	218	22	20	20	25	87
4	77	124	90	90	381	35	44	25	30	134
5	148	102	148	117	515	60	42	45	47	194
6	90	98	92	93	373	32	37	30	29	128
7	89	73	95	97	354	31	23	30	30	114
8	92	110	72	96	370	30	35	25	34	124
9	100	102	145	143	490	40	36	50	49	175
10	74	73	47	49	243	28	32	17	17	94
11	75	72	81	60	288	30	27	28	20	105
12	88	100	90	128	406	31	38	32	43	144
13	92	150	162	147	551	32	48	42	50	172
14	106	83	66	60	315	41	31	24	16	112
15	92	115	123	114	444	32	43	38	47	160
16	98	92	128	104	422	35	27	26	32	130
17	50	55	100	79	284	18	12	40	27	106
18	92	80	99	90	361	32	30	34	35	131
19	55	80	72	87	294	20	30	25	32	107
20	135	131	16	19	301	45	49	6	7	107
21	62	110	121	104	397	21	40	39	34	134
22	79	89	90	87	345	30	35	30	30	125
23	124	86	82	72	364	52	38	30	30	150
24	95	120	125	75	415	33	38	40	25	136
25	193	168	218	257	836	60	58	65	92	275
26	84	70	69	78	301	27	25	29	25	106
27	142	122	100	123	487	47	44	35	40	166

28	28	25	69	72	194	13	10	20	20	63
29	66	93	97	70	326	21	22	32	20	105
30	107	50	82	47	286	32	15	27	15	89
Sub-total	2715	2793	2968	2879	11355	967	1010	969	988	3934
Total	5508		5847			1977		1957		

表 5. 萵 苣 產 量

Table 5. Yield of Lettuce (g/pot)

部 分	莖葉共重					葉重				
重 複	I		II		Total	I		II		Total
土號 \ 處理	B_0	B_1	B_0	B_1		B_0	B_1	B_0	B_1	
1	240	220	252	216	928	162	155	152	136	605
2	185	185	215	210	795	131	140	140	143	554
3	75	65	140	156	436	51	45	85	91	272
4	120	105	80	100	405	75	64	55	64	258
5	265	250	245	250	1,010	165	153	150	156	624
6	180	185	225	200	790	100	117	135	120	472
7	210	205	192	210	817	122	150	112	125	509
8	136	105	96	103	440	95	80	61	71	307
9	150	155	211	145	661	107	113	126	87	433
10	175	190	196	150	711	120	130	126	85	461
11	210	240	250	265	965	150	164	165	170	641
12	205	215	240	240	900	140	128	160	155	583
13	195	245	270	294	1,004	132	153	175	186	646
14	198	220	284	285	987	146	154	174	180	654
15	265	247	270	252	1,034	175	187	182	167	711
16	210	215	255	225	905	139	147	165	150	601
17	232	225	250	225	932	145	140	153	138	576
18	215	210	220	221	866	135	133	145	141	554
19	240	270	285	252	1,047	154	196	185	150	685
20	20	55	160	140	375	17	45	105	95	262
21	265	275	315	279	1,134	173	185	192	176	726
22	240	200	244	220	904	160	140	139	137	576
23	40	40	10	15	105	29	25	7	7	68

24	210	215	240	255	920	135	130	152	173	590
25	250	210	286	257	1,003	167	145	164	157	633
26	185	170	256	200	811	137	105	154	124	520
27	250	265	328	329	1,172	159	174	195	182	710
28	300	290	290	279	1,159	175	177	177	169	698
29	220	250	220	220	910	150	158	110	143	591
30	290	298	261	252	1,101	185	182	161	152	680
Sub-total	5416	6020	6786	6445	25227	3931	4015	4232	4030	16208
Total	11996		13331			7946		8262		

表 6. 花椰菜產量變方分析表

Table 6. Analysis of variance of Califlower yield

S. V.	df	SS	MS	F
Replicates	1	957.67	957.67	1.27
Treatment	59			
Boron	1	1.00	1.00	
Soil	29	109,192.87	3,765.27	5.00**
BXS	29	8,641.75	297.99	0.40
Exptl. error	59	44,386.83	752.32	
Total	119	163,180.12	5774.25	

表 7. 萵苣產量變方分析表

Table 7. Analysis of variance of Lettuce yield

S. V.	df	SS	MS	F
Replicates	1	12,710.21	12,710.21	
Treatment	59			
Boron	1	735.07	735.07	0.99
Soil	29	482,543.67	16,639.43	22.55**
BXS	29	8,532.68	294.23	0.39
Exptl. error	59	43,531.29	737.81	
Total	119	548,052.92	31116.75	

三、硼與蔬菜生長及產量之關係

本試驗係先以花椰菜爲指示作物，待花椰菜收穫後，再以萵苣爲指示作物。此二種對硼最爲敏感的蔬菜自育苗至收穫期間均未出現缺硼或硼的毒害現象。

花椰菜及萵苣產量列於表 4 及表 5，表 6 及表 7 爲其變方分析表。由表 6 及 7 知施硼與否對花椰菜及萵苣產量均無顯著影響，但不同土壤間產量差異極爲顯著。

四、蔬菜產量與土壤一般性質之關係

本試驗中蔬菜產量既與施硼與否無關，而各土壤間產量差異極爲顯著，則此二種蔬菜之產量必與土壤其他性質關係較大。茲將二種蔬菜分別討論於後。

（一）花椰菜產量與土壤性質之關係：

表 8 爲花椰菜產量與表 1 所列土壤各項性質之相關係數。由表 8 知花椰菜產量僅與土壤中有機物含量成極顯著正相關關係，與其他性質關係均不顯著。

表 8. 花椰菜產量與土壤性質之關係

Table 8. Correlations between the yield of Califlower and soil properties

項目 / 處理	PH	HWS B	O. M.	CEC	Fe	Mn	N	P	K	Sand %	Clay %	Silt %
B_0	− 0.142	− 0.006	0.495**	0.280	− 0.059	− 0.136	0.025	0.224	0.142	− 0.261	0.221	0.217
B_1	− 0.142	0	0.500**	0.263	− 0.001	− 0.132	0.114	0.088	0.148	− 0.337	0.324	0.253

（二）萵苣產量與土壤性質之關係：

表 9 爲萵苣產量與表 1 所列土壤各項性質之相關係數。表 9 顯示萵苣產量與土壤 pH 值關係最爲密切，成極顯著正相關關係，即土壤過酸對萵苣生長不利，其次與土壤中有效性錳含量及土壤質地亦有顯著關係。

表 9. 萵苣產量與土壤性質之關係

Table 9. Correlations between Lettuce yield and soil properties

項目 / 處理	PH	HWS B	O. M.	CEC	Fe	Mn	N	P	K	Sand %	Clay %	Silt %
B_0	0.644**	0.349	0.158	0.245	0.129	0.380*	0.260	− 0.116	0.079	− 0.361*	0.445*	0.202
B_1	0.695**	0.351	0.192	0.256	0.160	0.362*	0.345	− 0.217	0.056	− 0.418*	0.462*	0.271

五、蔬菜葉片礦物元素含量

表10顯示萵苣葉片中氮的含量平均在 3 %以下，按一般萵苣葉片正常含氮量應在 4 % 左右 [5]，3 %應屬含氮量不足者。又磷的含量平均約 0.8 %，屬於含磷量高的範圍 [5]。據 Beckenbach 氏 [3] 以番茄試驗結果，發現植物氮供給量不足時，需硼量較少，而植物含磷高時需硼量亦較含磷低時爲少。

如此，則本試驗中雖土壤大多含硼量甚低，但並未發現缺硼現象，施硼亦未見增產，其原因或係由於土壤中氮供給量不足，磷又過高，萵苣需硼量低，加以盆栽試驗中，萵苣生長不够旺盛，少量硼即足敷所需之故。

表10施硼處理中，葉片含硼量較未施硼者高約17%，Ca/B比亦降低25%，顯示施硼處理中植物吸收之硼確有增加。但 Chapman [5] 認爲一般植物中含硼量在 15～20 ppm（以乾物計）時即屬缺硼，25～100ppm始屬正常，超過 200ppm即呈毒害現象。雖植物含硼量因作物種類不同而大有出入 [9,10] 但一般萵苣葉片正常含量應在 27～43ppm [5] 。本試驗中萵苣葉片含硼量在施硼以後平均亦僅爲 19.5 ppm，仍屬缺乏範圍。

表10. 萵苣葉片礦物元素含量

Table 10. Mineral content of the Lettuce leaf

處理	B_0								B_1							
代號 \ 項目	N %	P_2O_5 %	K_2O %	Ca %	Mg %	Mn ppm	B ppm	Ca/B	N %	P_2O_5 %	K_2O %	Ca %	Mg %	Mn ppm	B ppm	Ca/B
1	3.06	0.67	3.93	1.76	0.50	1120	22.80	774	3.27	0.94	4.12	1.94	0.60	1560	20.00	970
2	3.20	0.62	4.62	2.12	0.62	1880	20.22	954	3.01	0.68	3.96	2.32	0.63	1960	25.75	901
3	3.17	0.57	3.88	1.36	0.43	1080	6.75	2015	3.21	0.59	3.59	1.82	0.44	1000	10.25	1,775
4	3.81	0.64	4.13	1.50	0.42	1080	6.50	2308	3.17	0.67	3.13	1.08	0.36	800	14.00	772
5	2.69	0.74	2.75	1.92	0.48	1200	14.50	1324	3.23	0.90	3.21	1.84	0.55	1480	25.38	725
6	2.93	0.64	3.14	1.82	0.52	920	11.75	1549	2.78	0.62	3.01	1.48	0.47	920	18.63	795
7	3.59	0.88	3.62	1.72	0.52	1200	20.83	826	3.27	0.80	3.81	1.54	0.49	760	21.17	728
8	3.78	0.80	4.59	1.38	0.45	600	13.63	1012	3.38	0.75	4.30	1.36	0.46	720	24.88	547
9	3.29	0.83	3.18	1.80	0.54	720	12.38	1454	3.08	0.81	2.48	1.22	0.43	480	16.13	756
10	2.62	0.64	3.38	1.66	0.50	560	12.88	1289	3.16	0.68	3.26	1.80	0.53	600	11.00	1,638
11	2.89	0.75	4.30	2.26	0.49	80	13.88	1628	2.44	0.68	4.17	1.64	0.42	64	17.75	924
12	2.72	0.79	4.60	2.14	0.53	70	22.75	941	2.69	0.80	3.94	1.80	0.46	66	14.00	1,286
13	2.74	0.65	4.33	1.86	0.57	110	15.88	1171	2.77	0.77	4.15	1.74	0.57	90	24.75	703
14	2.57	0.89	3.40	1.72	0.50	72	17.88	962	2.60	0.85	3.83	1.60	0.46	56	22.25	719
15	2.75	0.76	4.21	2.26	0.49	95	21.88	1033	2.43	0.80	3.54	1.50	0.41	76	12.88	1,165
16	2.85	0.74	3.79	2.08	0.46	64	21.44	970	2.75	0.78	4.10	1.76	0.40	72	22.75	774
17	2.86	0.86	2.68	1.42	0.45	760	21.63	656	2.79	1.05	3.95	1.34	0.35	1040	23.63	567
18	2.77	0.80	2.65	1.82	0.39	1240	17.38	1047	2.90	0.73	2.66	1.14	0.32	1080	20.00	570
19	2.84	1.05	2.53	2.02	0.45	960	17.13	1179	2.77	0.98	3.14	1.66	0.43	760	24.00	692
20	3.00	1.08	2.92	1.10	0.42	520	18.25	603	3.04	1.20	3.28	1.38	0.27	680	15.88	869
21	2.92	0.96	3.18	1.86	0.43	880	10.75	1730	2.44	0.90	2.75	1.56	0.38	680	19.63	795
22	2.83	0.88	2.73	1.06	0.35	920	17.07	621	2.88	0.98	2.25	1.32	0.29	1000	20.63	640
23	3.35	0.69	3.61	1.27	0.33	475	10.25	1239	3.07	0.89	2.61	0.86	0.19	680	16.25	529
24	2.89	0.84	2.63	1.42	0.48	560	18.00	789	2.77	0.83	2.29	1.40	0.48	600	17.88	783

25	2.60	0.90	2.46	1.32	0.39	600	12.00	1100	2.75	0.94	2.56	1.30	0.42	640	20.25	642
26	2.87	0.61	4.95	1.48	0.41	116	23.92	619	2.82	0.65	4.43	2.16	0.39	126	18.75	1,152
27	2.94	1.12	3.13	1.84	0.55	920	16.38	1123	2.78	1.15	3.26	1.34	0.52	1120	21.75	616
28	2.72	1.12	4.34	1.44	0.34	640	23.75	606	2.79	1.06	4.65	1.40	0.38	680	21.50	651
29	2.82	0.81	4.44	1.48	0.46	168	20.63	717	3.02	0.74	4.28	1.46	0.40	282	20.00	730
30	3.05	0.85	4.00	1.74	0.48	760	14.50	1200	3.00	0.92	4.12	1.38	0.38	640	23.50	587
Total	89.12	24.20	108.10	50.57	13.95	20,370	499.54	33,439	87.00	25.14	104.83	46.14	12.83	20,712	585.22	2,500
Aver.	2.97	0.81	3.60	1.69	0.47	679	16.65	1,114.63	2.90	0.84	3.50	1.54	0.43	6,914	19.51	833.0

鈣及鉀與植物對硼的反應亦有極大的關係。[12,13,17] 鈣及鉀能增加番茄缺硼的徵象，硼的毒害可因鈣的增加而減輕[13]。本試驗中葉片內鈣及鉀的濃度尚屬正常。

植物的正常生長有賴於其對Ca與B吸收的平衡，Jones與Scarseth[11] 等發現對於草而言，最理想的Ca/B比應爲1,200，大豆爲500，甜菜爲100，此種比例依作物不同而異。本試驗中，Ca/B比在500—2,300之間，並未發現缺硼或硼的毒害現象，至於其最理想的比數，有待繼續試驗發現。

土壤中熱水溶性硼含量與植物體中硼含量及硼吸收量的關係，如下表：

表11. 土壤中硼含量與植物硼吸收量的相關

Table 11. Correlation between soil boron content and boron uptake by Lettuce

處　理	B_0	B_1
植物含硼量	0.287	0.344
植物硼吸收量	0.423*	0.429*

即無論施硼或不施硼處理中，硼吸收量均與土壤中熱水溶性硼含量成顯著正相關關係。

植物對硼的吸收量與土壤pH亦有密切關係，Martens[11a] 氏發現當土壤 pH增高時，其硼吸收量亦較多。本試驗中此種關係，在施硼與不施硼處理中不盡一致。茲將其相關係數列於表12。

表12. 土壤PH與植物硼吸收量的相關

Table 12. Correlation between soil pH value and boron uptake by Lettuce

處　理	B_0	B_1
植物含硼量	0.4653**	0.1946
植物硼吸收量	0.6736**	0.5640**

上表顯示在不施硼處理中，「土壤 pH 與植物（萵苣葉）硼含量及硼吸收量均呈極顯著正相關關係，而在施硼處理中，則土壤pH僅與萵苣葉硼吸收量成極顯著正相關關係。

參　考　文　獻

1. Bear, F. E. 1960. Chemistry of the soil. p. 275.
2. Bear, F. E. 1966. Soils and fertilizers. 4th edition.
3. Beckenbach J. R. 1944 Functional relationships between boron and various anions in the nutrition of the tomato. Agr. Expt. Sta. Tech. Bull. 395.
4. Buckman, H. O. and N. C. Brady. 1960. The nature and properties of soils. (6th Ed.)
5. Chapman, H. D. 1966. Diagnostic criteria for plants and soils.
6. Dawson, J. E. and A F Gustafson. 1945. A study of techniques for predicting potassium and boron requirements for alfalfa. II. Influence of borax on deficiency symptoms and the boron content of the plant and soil. SSSAP. 10 : 147—149.
7. Deturk, E. E. and L. C. Olson. 1941. Determination of boron in some soils of Illinois and Georgia. Soil Sci. 52 : 351—357.
8. Dregne, H. E., and W. L. Powers. 1942. Boron fertilization of alfalfa and other legumes in Oregon. J. Am. Soc. Agrom. 34 : 902—912.
9. Gupta, U. C. and D. C. Munro. 1969. The boron content of tissues and roots of Rutabagas and of soils as associated with boron—heart condition. SSSAP. 33 : 424.
10. Gupta, U. C. 1971. Boron requirement of alfalfa, red clover, brussels sprouts and califlower grown under grecnhouse conditions. Soil Sci. 112 : 280.
11. Jones, H. E. and G. D. Scarseth. 1944. The calcium—boron balance in plants as related to boron needs. Soil Sci. 57 : 15—24.

11 a. Martens, D. C. 1968. Plant availability of extractable boron, copper, and zinc as related to selected soil properties. Soil Sci. 106 : 23—28.

12. Mortvedt, J. J., P. M. Giordano, W. L. Lindsay. 1972. Micronutrients in agriculture. SSSAP. Inc.
13. Reeve, E. and J. W. Shive. 1944. Potassium—boron and calcium—boron relationship in plant nutrition. Soil Sci. 57 : 1—14.
14. Sommer, Anna L. 1927. The search for elements essential in only small amounts for plant growth. Science 66 : 482—484.
15. Sommer, Anna L., and C. B. Lipman. 1926. Evidence on the indispensable nature of Zinc and Boron for higher green plants. plant Physiol. 1 : 231—249.
16. Sprague, H. B. 1964. Hunger signs in crops (A symposium)
17. Stiles, W. 1961. Trace elements in plants (3rd, Ed.) Cambridge Univ. Press.
18. Troug, E. 1945. Determination of total and available boron in soils. Soil Sci. 59 : 85—90.
19. Walsh, T., and J. D. Golden. 1952. The boron status of Irish soils in relation to the occurrence of boron deficiency in some crops in acid and alkaline soils. Intern. Soc. Soil Sci. Trans. (Comm. II & IV) II : 167—171
20. Wear, J. I. and R. M. Patterson. 1962. Effect of soil pH and texture on the availahility of water-soluble boron in the Soil. SSSAP. 26 : 344—5.

STUDY ON MICRONUTRIENTS CONTENT OF THE SOILS FROM MAIN VEGETABLE GROWING AREAS IN TAIWAN I. BORON

by

Tze—Shun Lee Wang, Char—fen Lin

SUMMARY

This study was carried out to investigate the micronutrients content and supplying power of the soils from the main vegetable growing areas in Taiwan. The micronutrient studied in the first year was boron.

Sixty—one soils were collected from different vegetable growing areas all over this island. After analyzing its properties, thirty were selected for pot experiment. Califlower and lettuce was used as the indicator plants. It was planted in plastic pots and irrigated with demineralized water.

Two treatments, with and without boron (10kgs/ha as borax) replicated twice,a total of 120 pots were arranged in two rows according to the randomized complete block design in the green house. The fertilizers applied were the same for both treatments.

The following results have been obtained :

1. Hot H_2O—soluble boron content of the 30 soils used in this study ranged from 0.1 to 1.75ppm, 24 of them were below 0.5ppm. Thus most of the vegetable growing soils in Taiwan are low in boron content.
2. When soil pH is higher than 6.6, hot H_2O—soluble boron content is positively correlated with soil pH, available phosphorus and potassium content of the soil ; when soil pH is lower than 6.5, H_2O—soluble boron is positively correlated with soil pH, organic matter and silt content of the soil.
3. No boron deficiency or toxicity symptoms occured during the growth of these vegetables, nor did the application of boron affected its yield.
4. plant analysis data indicated that the boron content of lettuce leaf was increased by 17 percent, and the Ca/B ratio decreased 25 percent as a result of the supply of boron to the soil. This shows that plant in the borax treated soil really absorbed more boron than the untreated ones.